第40卷 第3期
2023年3月

干 旱 区 研 究
ARID ZONE RESEARCH

Vol. 40 No. 3
Mar. 2023

和田市空气质量特征及潜在健康效应

王 娜[1,2]， 塔依尔江·艾山[1,2]， 玉米提·哈力克[1,2]，
王慧娟[1,2]， 买尔哈巴·吾买尔[1,2]

（1. 新疆大学生态与环境学院，新疆 乌鲁木齐 830046；2. 绿洲生态教育部重点实验室，新疆 乌鲁木齐 830046）

摘 要：利用和田市2016—2021年的空气质量历史数据，分析$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、CO、O_3-8H等空气污染物浓度和空气质量指数（Air Quality Index，AQI）的分布特征及其相关性，探讨空气质量与潜在人体健康效应的关系。结果表明：2016—2021年和田市两个空气污染监测点O_3-8H浓度呈倒“U”型变化趋势，其余各污染物浓度则呈“U”型曲线分布特征；$PM_{2.5}$和PM_{10}是全年的主要污染物，其浓度在春季相对较高，SO_2、NO_2浓度在秋冬季相对较高，CO浓度则在冬季达到最高，O_3-8H浓度在夏季相对较高；2016—2021年$PM_{2.5}$浓度有所下降，PM_{10}浓度有所上升，SO_2浓度有所下降，空气质量总体未明显改善；和田市空气质量指数AQI值高于国家二级水平，空气质量全年以轻度污染为主，空气质量处于“不健康”状态时期远高于“健康”状态时期，对居民身心健康潜在危害较高。

关键词：$PM_{2.5}$细颗粒污染物；空气质量指数；健康效应；和田市

由于经济快速发展和城市规模不断扩大，使得我国许多地区环境污染程度加深，尤其以$PM_{2.5}$、PM_{10}、O_3为主的城市空气污染问题日益突出且备受关注，严重影响我国多个地区的居民健康和城市形象[1-2]。空气质量指数（Air Quality Index，AQI）是用于评价空气污染对人体健康影响的指标。AQI值越大、等级越高，说明空气质量越差，对人体身心健康的危害相应越大[3]。用于评价空气质量的主要污染物有$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、CO、O_3 6种指标。其中$PM_{2.5}$和PM_{10}颗粒物来源广泛，危害性强，可在空气中大范围传播，其物理和化学特性也可能会随着时空变化发生很大变化[4]。已有研究表明空气污染能够影响居民的情绪及心理健康，对人体心血管和呼吸系统造成危害，严重时甚至导致死亡[5-6]。同时污染物可降低人体免疫力并携带病毒[7]，尤其是$PM_{2.5}$、PM_{10}和NO_2等具有显著的中介作用[8]。因此，了解城市空气污染状况和评价空气质量，对城市空气污染科学治理、居民出行指引、改善当地生态环境方面都具有重要的意义。

和田市位于我国新疆最南端，与之相邻的是我国最大的沙漠——塔克拉玛干沙漠，属于大陆干旱荒漠性气候，地面植被生长稀疏，年均降水量较少，年均蒸发量则相对较高，四季风沙多，浮尘天气频发，沙尘暴频率较高[9-10]，大气颗粒物污染现象严重。近年来，由于自然资源特别是土地资源的不合理开发和利用，使得该地生态环境持续恶化，空气质量常处于严重污染状态[11]，不仅危害居民的身心健康，也给当地的社会经济建设造成严重损失[12]。目前，我国有关空气质量方面的研究主要集中于内地发达城市[13-15]，有关和田市空气污染问题的研究则主要集中在空气质量与气象因子的相关性、具体污染物如$PM_{2.5}$、PM_{10}、沙尘暴以及浮尘污染等方面[16-20]，从空气质量指数角度进行的关于和田市空气污染的研究鲜见报道。因此，本文选取和田市2016—2021年的空气质量状况历史数据作为研究样本，分析AQI和主要空气污染物浓度的分布特征，了解和田市空气质量的主要污染物，并分析不同健康状态的空气质量与潜在人体健康效应之间的关联，旨在为和田地区大气环境质量的监控和管理提供科学依据。

收稿日期：2022-08-20； **修订日期**：2022-10-03
基金项目：国家自然科学基金项目(32160367，31770750)
作者简介：王娜（1998-），女，硕士研究生，主要从事生态系统生态学研究. E-mail: wangna0819@163.com
通讯作者：塔依尔江·艾山. E-mail: tayirjan@xju.edu.cn

1 数据与方法

1.1 研究区概况

和田市地处我国新疆地区最南部的塔克拉玛干沙漠西南缘，常年干旱少雨，年均降水量约35 mm，年均蒸发量则高达2480 mm，属于典型的干旱荒漠性气候，区域内生态环境十分脆弱。塔克拉玛干沙漠是我国沙尘排放源区之一，和田市由于毗邻沙漠，风沙浮尘等天气现象频发，沙尘暴的发生频率高，空气污染严重，对居民健康和当地经济产生严重影响。本文选取位于和田市的和田地区环保局（S1，37°06′54.72″N，79°56′54.60″E）与和田市环保局（S2，37°06′4.68″N，79°54′42.12″E）作为研究监测点（图1）。

1.2 数据来源

空气质量数据来源于空气质量历史数据查询网（www.aqistudy.cn/historydata），收集2016年1月至2020年6月、2021年1月至2022年1月和田地区环保局与和田市环保局两个监测点数据，主要包括$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、CO、O_3-8H 6种监测指标的浓度值和逐日空气质量指数（AQI）值。由于2020年和田市两个监测站点的空气质量数据不全，故未做分析。

1.3 研究方法

根据《环境空气质量指数（AQI）技术规定（试行）》[21]规定，将AQI值分为6个等级，分别为优（一级，0~50）、良（二级，51~100）、轻度污染（三级，101~150）、中度污染（四级，151~200）、重度污染（五级，201~300）、严重污染（六级，301~500）。对和田市两监测点6种主要污染物的浓度以及空气质量指数AQI值在不同时间尺度上进行了分析，先将每个监测点各污染物$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、CO、O_3-8H浓度以及AQI值的月均值计算出，再由月均值进一步计算出监测点各指标的季度均值以及年均值，其中，CO浓度单位为$mg \cdot m^{-3}$，其余各类污染物浓度单位均为$\mu g \cdot m^{-3}$。同时分析了不同健康状态的空气质量与人体健康效应之间的关系。本文中每年3—5月为春季，6—8月为夏季，9—11月为秋季，12月至次年2月为冬季。

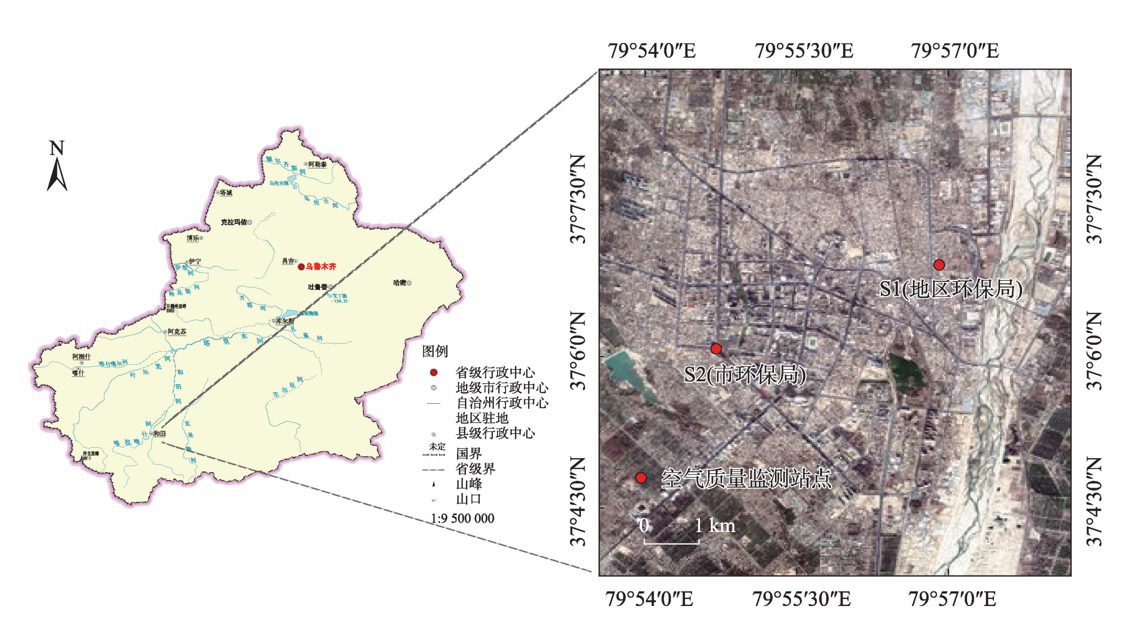
1.4 数据处理及绘图

利用Microsoft Excel 2010对数据进行基础处理，利用SPSS 26.0进行数据的显著性和AQI值与各污染物之间的相关性分析，最后使用Origin 2021进行绘图处理。

2 结果与分析

2.1 污染物浓度变化

图2为2016—2021年和田市两监测点各污染物浓度值逐日变化趋势图。污染物浓度值低于国家一级标准表明空气质量为优，高于国家二级标准表



注：底图采用自然资源部标准地图制作，审图号为GS(2019)3333号，对底图边界无修改。

图1 研究区空气质量监测点示意图

Fig. 1 Locations of air quality monitoring stations in the study area

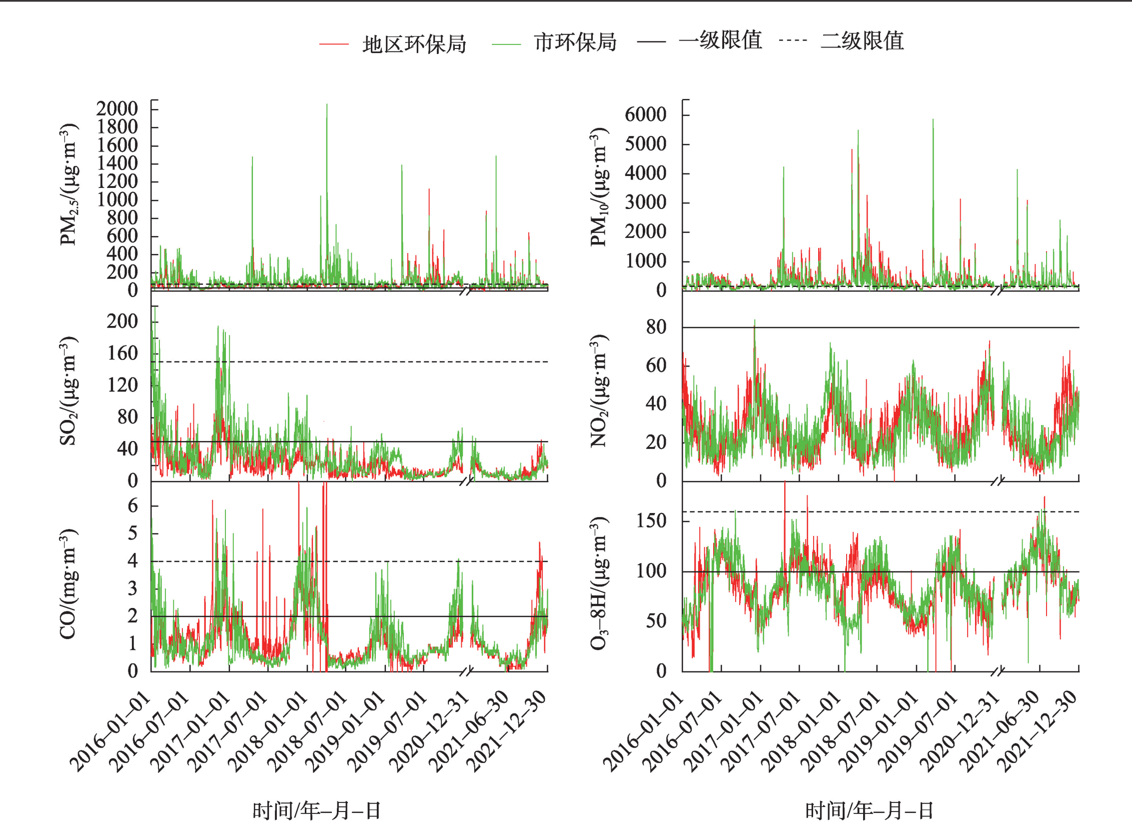


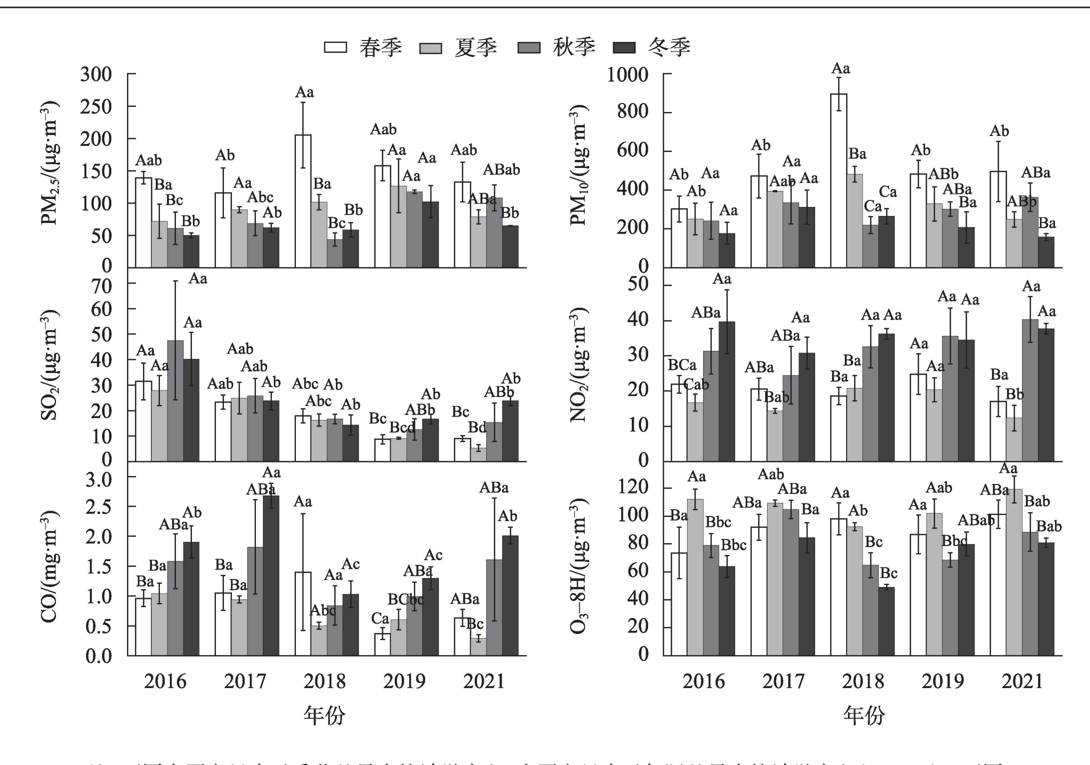
图2　和田市2016—2021年各类空气污染物浓度变化趋势

Fig. 2　Trends in concentration of air pollutants in Hotan City from 2016 to 2021

明空气处于污染状态。$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、O_3–8H质量浓度一级限值分别为35 μg·m^{-3}、50 μg·m^{-3}、50 μg·m^{-3}、40 μg·m^{-3}、100 μg·m^{-3},CO浓度一级限值为4 mg·m^{-3};$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、O_3–8H浓度二级限值分别为75 μg·m^{-3}、150 μg·m^{-3}、150 μg·m^{-3}、80 μg·m^{-3}、160 μg·m^{-3},CO浓度二级限值为4 mg·m^{-3}。结果表明,2016—2021年和田市两监测点各污染物的浓度变化趋势基本一致,其中O_3–8H浓度在年中时段处于峰值,在年间呈倒"U"型曲线;其余5种污染物浓度在年初和年末时段相对较高,年中时段相对较低,呈"U"型曲线分布特征,其中,较明显的是SO_2浓度变化波动逐渐趋于稳定且明显下降。$PM_{2.5}$和PM_{10}浓度在大多数时间均显著高于国家二级标准限值,SO_2、NO_2、CO、O_3–8H浓度值仅有个别天数超过国家二级标准限值,说明和田市颗粒物污染严重。2016—2021年和田地区环保局$PM_{2.5}$和PM_{10}浓度二级标准超标率分别达39.96%、78.40%,2021年地区环保局$PM_{2.5}$和PM_{10}浓度较2016年分别上升了2.81 μg·m^{-3}、82.09 μg·m^{-3};市环保局$PM_{2.5}$和PM_{10}浓度二级标准超标率分别达52.06%、70.72%,与2016年相比,2021年市环保局$PM_{2.5}$浓度下降了20.46 μg·m^{-3},PM_{10}浓度则上升了92.29 μg·m^{-3}。2016—2021年和田市$PM_{2.5}$浓度整体略有下降,PM_{10}浓度显著上升,SO_2浓度显著下降。

2.2　污染物浓度季度分布特征

如图3和图4所示,和田市两监测点大气污染物浓度在不同季节存在差异,且变化趋势基本相同($P<0.05$)。2016—2021年$PM_{2.5}$和PM_{10}浓度在各季节变化趋势基本保持一致,呈现出先升高后降低的趋势,均在2018年达到峰值;此外,$PM_{2.5}$和PM_{10}浓度还表现出春季高于其余季节的分布特征,说明该地区在春季颗粒物污染最为严重;2021年春季$PM_{2.5}$浓度较2016年有所下降,PM_{10}浓度则有所上升,说明该地$PM_{2.5}$浓度在春季有所改善,PM_{10}污染并未改善。总体来说,除2017年外,2016—2021年SO_2浓度在秋冬季相对较高,在其余季节没有一定的变化规律,但在年际间呈现出明显的下降趋势,并在2021年夏季处于最低水平,这表明该地区SO_2污染有所好转。NO_2浓度在每年秋冬季节相对高于春夏两季,2016—2021年除在夏季有所下降外,在其余季节变化幅度不大。CO浓度季节分布表现出明显的冬季>秋季>春季>夏季的变化趋势,在年际间呈



注：不同大写字母表示季节差异有统计学意义，小写字母表示年际差异有统计学意义（P<0.05）。下同。

图3 和田市地区环保局2016—2021年各类空气污染物季度变化

Fig. 3 Seasonal changes of air pollutants in Hotan Prefecture Environmental Protection Bureau from 2016 to 2021

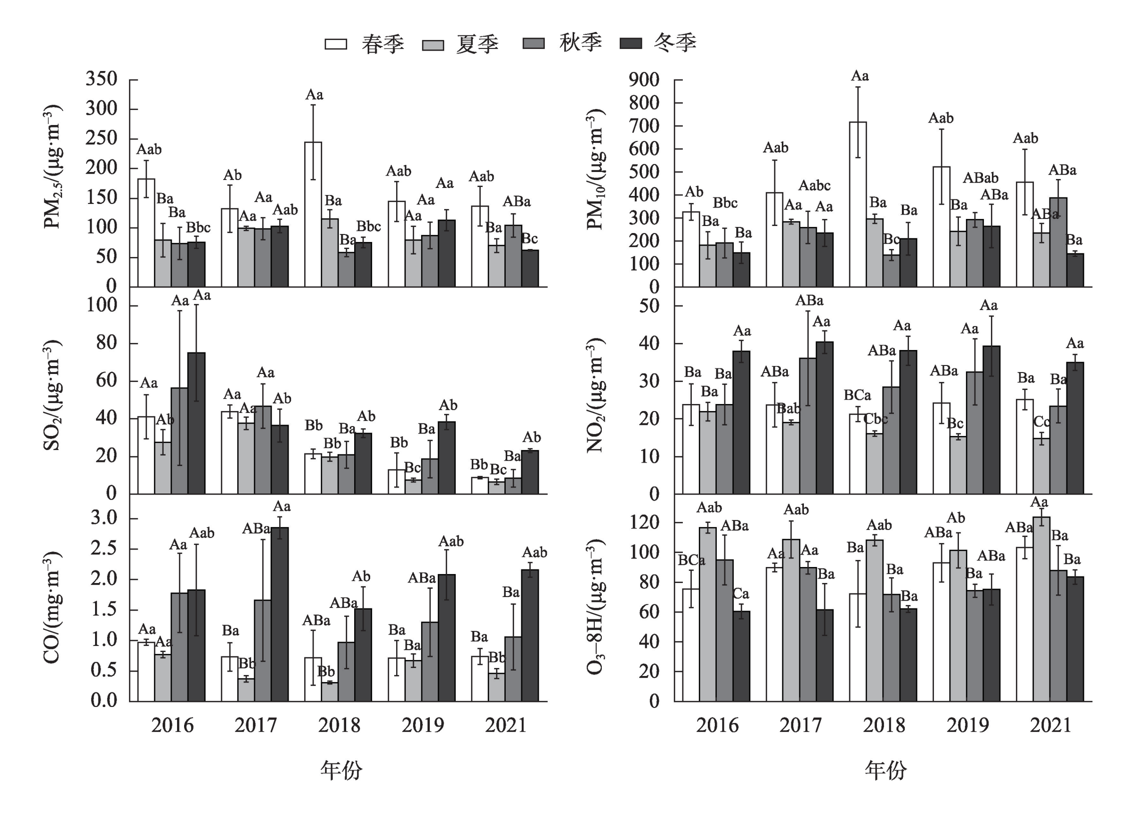


图4 和田市环保局2016—2021年各类空气污染物季度变化

Fig. 4 Seasonal changes of air pollutants in Hotan City Environmental Protection Bureau from 2016 to 2021

现出先上升后下降再上升的变化特征。总体来说，2016—2021年O_3-8H浓度在夏季明显高于其余各季，整体变化幅度不大。

2.3 AQI等级年分布特征

和田市2016—2021年两个监测点的AQI年均值均显著高于二级限值，即和田空气质量常年处于

表1　和田市2016—2021年空气质量评价

Tab. 1　Air quality assessment of Hotan City from 2016 to 2021

年份	监测点	AQI均值	空气质量指数AQI分级						优良级别天数累计百分率/%
			优	良	轻度	中度	重度	严重	
2016	地区环保局	184.04	7	73	112	57	32	64	21.16
	市环保局	172.95	6	85	131	54	30	46	25.85
2017	地区环保局	211.65	0	61	127	65	31	81	16.71
	市环保局	179.19	3	80	141	60	26	51	22.99
2018	地区环保局	256.10	3	39	82	87	30	124	10.68
	市环保局	194.39	2	97	110	57	23	76	27.12
2019	地区环保局	199.95	2	81	109	60	31	73	22.75
	市环保局	187.31	7	74	116	69	38	57	22.44
2021	地区环保局	189.13	0	94	115	68	17	67	26.04
	市环保局	179.25	1	107	124	52	19	58	29.92

污染状态(表1)。地区环保局每年的AQI均值皆高于市环保局,市环保局的优良级别天数累计百分率除在2019年外其余年份均高于地区环保局,说明市环保局的空气质量总体上优于地区环保局。在2018年,两个监测点的AQI均值均高于其余年份,分别为地区环保局256.10,市环保局194.39,地区环保局严重污染的天数高达124 d。在2017年和2021年,地区环保局空气质量等级为优的天数为0,空气质量不佳。2016—2021年两监测点轻度污染的天数最多,空气质量以轻度污染为主。总体而言,和田市2021年AQI均值高于2016年AQI均值,说明5 a间和田市空气质量并未提高,空气污染状况未得到改善。

2.4　AQI季度分布特征

从各季节5 a均值来看,2016—2021年和田市AQI值季节变化明显,呈现出春季>夏季>秋季>冬季的趋势(表2)。2016—2021年AQI均值在春夏两季表现出先增加后降低的变化趋势,且都在2018年达到最高值;2021年春季AQI值较2016年有所降低,分别为地区环保局2.01、市环保局41.93;2016—2021年地区环保局夏季AQI均值下降了7.5,市环保局AQI均值升高了29.39;秋季AQI均值分布呈先升后降再升的变化特征,两监测点秋季AQI均值2021年较2016年分别上升了43.15、82.33,说明和田市秋季空气质量变差,污染有所加重;冬季AQI均值大致表现为先升后降的趋势,且在2021年低于2016年,说明冬季空气质量有轻微改善。总体上,除2016年春季外,地区环保局的AQI均值在每年各季节均显著高于市环保局,说明离市中心越近,空气质量越差。

2.5　AQI值与各空气污染物的相关分析

将2016—2021年的空气质量指数与6种污染物分别作相关性分析,阐明影响和田市空气质量的主要污染物。从表3可以看出,除地区环保局AQI值在冬季与$PM_{2.5}$无相关性之外,和田市两监测点的AQI值不论是在全年尺度上还是季节尺度上,均与空气污染物$PM_{2.5}$和PM_{10}的浓度呈显著正相关关系。两监测点的空气质量指数AQI与空气污染物SO_2和NO_2在全年期间以及冬季表现出一定的负相关关系;地区环保局的AQI值与NO_2浓度在全年以

表2　和田市2016—2021年AQI季节分布特征

Tab. 2　Seasonal distribution characteristics of AQI in Hotan City from 2016 to 2021

监测点	季节	2016年	2017年	2018年	2019年	2021年	均值
地区环保局	春季	243.08±32.28Ab	269.75±32.70Ab	372.22±14.06Aa	259.68±40.43Ab	241.07±39.83Ab	277.16±31.86
	夏季	170.24±53.39Ab	242.35±7.45Aab	286.64±12.00Ba	202.16±44.15ABb	162.74±21.84ABb	212.83±27.77
	秋季	163.65±60.21Aa	204.44±55.93Aa	145.75±30.92Ca	194.66±16.84ABa	206.80±33.94Aa	183.26±39.57
	冬季	122.42±36.02Aa	200.24±58.01Aa	170.22±31.79Ca	148.41±32.41Ba	108.10±9.90Ba	149.88±33.62
市环保局	春季	262.77±47.01Aab	228.78±40.87Aab	313.83±11.42Aa	249.59±26.75Aab	220.84±30.43Ab	255.16±31.30
	夏季	127.01±34.38Bb	186.42±9.95Aa	196.79±9.45Ba	153.17±26.65Bab	156.40±22.97ABab	163.96±20.68
	秋季	129.61±33.44Bbc	168.17±34.14Aabc	99.13±9.37Cc	187.88±19.83ABab	211.94±33.92Aa	159.35±26.14
	冬季	119.77±19.09Ba	174.15±30.35Aa	147.16±38.69BCa	178.68±47.21ABa	99.18±4.89Ba	143.79±28.04

注:不同大写字母表示季节差异有统计学意义;小写字母表示年际间差异有统计学意义(P<0.05)。

表3 AQI与各主要大气污染物相关性分析

Tab. 3 Correlation between AQI and major air pollutants

时间	监测点	AQI-$PM_{2.5}$	AQI-PM_{10}	AQI-SO_2	AQI-NO_2	AQI-CO	AQI-O_3-8H
全年	地区环保局	0.760**	0.899**	−0.142	−0.420**	−0.152	0.246
	市环保局	0.853**	0.842**	−0.099	−0.214	−0.217	−0.07
春季	地区环保局	0.566*	0.828**	−0.102	−0.185	0.245	0.14
	市环保局	0.751**	0.572*	0.02	−0.203	−0.138	−0.513
夏季	地区环保局	0.628*	0.975**	0.232	0.45	0.178	−0.489
	市环保局	0.859**	0.966**	0.285	−0.039	−0.449	−0.144
秋季	地区环保局	0.726**	0.943**	0.15	−0.01	0.213	0.179
	市环保局	0.848**	0.947**	−0.088	0.111	0.133	−0.185
冬季	地区环保局	0.234	0.964**	−0.29	−0.549*	0.084	0.078
	市环保局	0.615*	0.961**	−0.152	−0.073	0.185	0.093

注:*表示显著相关(P<0.05);**表示极显著相关(P<0.01)。

及冬季呈显著负相关,除此之外,两监测点的AQI值与SO_2、NO_2、CO、O_3-8H等污染物浓度无显著相关性关系。说明$PM_{2.5}$和PM_{10}是引起和田市空气质量下降的主要污染物。

2.6 空气质量状况及潜在健康效应

不同等级空气质量对人体健康影响程度不同[21]。当AQI值<100时,表示空气质量处于"健康"状态,当AQI值>100时,表示空气质量处于"不健康"状态。计算和田市2016—2021年不同空气质量健康状态天数比例,并统计首要污染物$PM_{2.5}$和PM_{10}在空气质量处于"不健康"状态时的污染天数占比。从图5a可知,2016—2021年和田市空气质量为"健康"状态的天数比例逐渐增加,而处于"不健康"状态的天数比例逐渐减少;居民处于"不健康"日的时期多于处于"健康"日的时期,2016—2021年该地区空气质量状况总体较差,不仅儿童、老年人及敏感人群的身心健康易受到空气污染威胁,健康人群也易受到影响。总体来说,和田市居民健康受到空气污染的威胁较严重。由图5b可知,$PM_{2.5}$"不健康"日出现天数占比有所减少,PM_{10}"不健康"日出现天数占比有所增加,PM_{10}污染加重;由于颗粒物污染可以直接影响人体的呼吸系统,因此,在空气质量处于"不健康"的时期,空气受到污染时对人群呼吸系统的危害更大。因此,应该采取严格的防治措施使居民(尤其是儿童、老年人及敏感人群等)避免空气污染的危害。



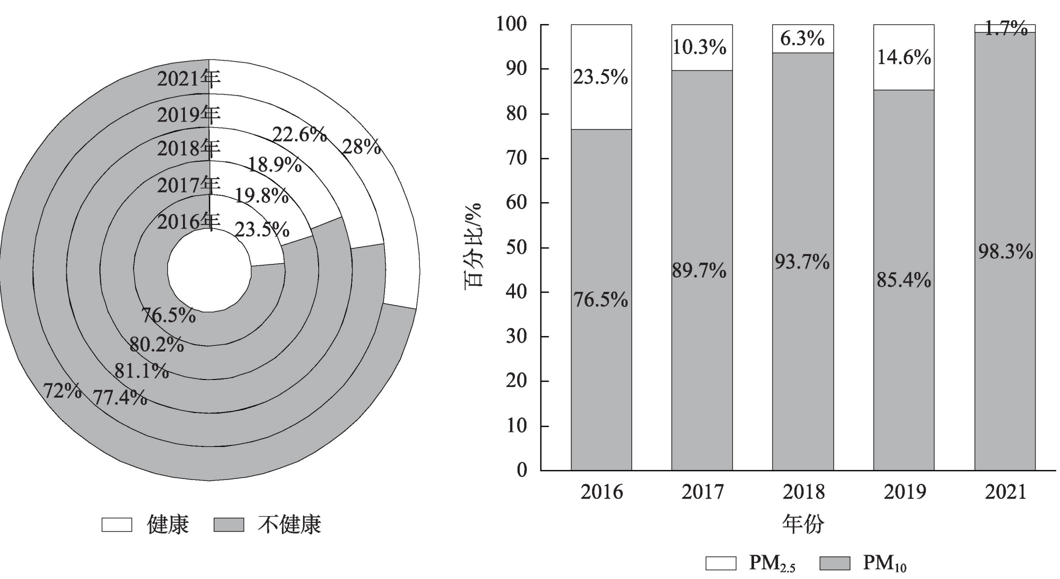


图5 和田市空气质量健康状态及首要污染物$PM_{2.5}$、PM_{10}污染状况

Fig. 5 Health status of air quality and pollution status of major pollutants $PM_{2.5}$ and PM_{10} in Hotan City

空气污染是我国可持续发展中的一个重要方面。和田市作为我国西北地区典型的绿洲城市，空气污染问题突出，空气质量状况差[22]。由于紧邻沙漠，和田市区内土壤质地粗糙、结构松散且生产力低下，四季多风沙，该地特殊的地势地貌使得空气对流难以形成，颗粒物等常被沙尘暴携带而难以稀释和扩散，污染物长时间停留在空气中，致使各污染物浓度上升，空气质量整体变差[23]。此外塔克拉玛干沙漠是我国主要的沙尘排放源区，春夏两季是沙尘气溶胶排放的主要集中时段[24]，主要污染物 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 易被沙尘携带导致浓度升高，在春季达到最高。全球气候变暖一定程度上使得极端灾害事件如沙尘暴发生频率增加，可能是导致和田市2016—2021年 PM_{10} 浓度上升的间接原因之一。结果表明：和田地区空气污染以颗粒物污染为主，$PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 是引起该地区空气质量下降的主要污染物，沙尘和扬尘等天气的多发加重了污染物在空气中的滞留时间，使得该地空气质量较差。

此外和田市常年气候干燥，降水贫瘠，对污染物的湿清除作用有限[25]；植被可以通过直接作用如吸附和吸收、降解和转化、同化与超同化等方式降低空气中的污染物浓度，或通过改变周围环境条件如温度、气体干体积、自身释放气体等方式间接减少空气中的污染物[26]，和田市整体绿化程度不高，植被覆盖度低，不能有效吸附和截留空气中的污染物，因此，空气质量指数AQI值常年处于较高水平，优良等级天数较少。我国西北地区的空气污染状况与城镇化的发展紧密相关[27]，城镇化的发展所带来的城市供暖、汽车尾气排放以及道路扬尘等一系列问题也是导致和田市环境空气质量下降的原因之一[28]。

空气污染已成为21世纪最大的环境健康风险[29]，可对公众健康产生负面影响，良好的空气质量有利于居民身心健康[30]。目前，随着生活质量的提高，居民对空气污染所带来的健康风险及隐患广泛关注，尤其是当发生严重污染时，健康人群会表现出明显不适感，运动耐受力明显降低。而和田市空气质量状态为"健康"的天数在全年中占比很少，空气污染严重，对居民身心潜在健康风险较高。颗粒物作为和田市的首要污染物，对当地居民的健康威胁较大，因此，对沙尘、扬尘等的治理刻不容缓，如何强化 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的颗粒物污染防治和管控是亟待当地政府及相关部门解决的问题。此外 SO_2、CO等污染物虽不是该地的主要污染物，但其浓度时常高出国家二级标准限值，今后的研究中应进一步探讨污染物间的复合效应，了解空气污染的影响因素及形成机制，包括各种社会经济以及气象等因素对该地空气质量的综合影响，从而明确和田市空气污染治理的重点和制定科学的治理方案，提高和田市的空气质量，降低空气污染潜在健康风险。

3 结 论

(1) 2016—2021年，和田市两监测点各污染物浓度呈周期性变化特征，其中 O_3-8H浓度呈倒"U"型曲线；其余五种污染物浓度呈"U"型曲线分布特征；PM_{10} 浓度有所上升，空气质量未发生明显改善。$PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 浓度在春季显著高于其他季节，NO_2 浓度在秋冬季相对较高，CO浓度则在冬季达到最高，O_3-8H夏季浓度相对高于其他季节。

(2) 和田市空气质量指数AQI值高于国家二级水平，全年空气污染严重；两监测点的季度AQI均值总体上呈先增加后减少的趋势，春季的AQI指数均高于其他季节。

(3) 和田市两个监测点的AQI值不论是在全年尺度上还是季节尺度上，均与空气污染物 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的浓度呈显著正相关关系，与 SO_2、CO、O_3-8H等污染物浓度无显著相关性关系，$PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 是和田市全年的主要污染物。

(4) 和田市空气质量处于"不健康"状态的时期多于处于"健康"状态的时期。$PM_{2.5}$"不健康"日出现天数占比有所减少，PM_{10}"不健康"日出现天数占比有所增加，PM_{10} 污染加重。

参考文献(References)：

[1] 张中祥, 曹欢. "2+26"城市雾霾治理政策效果评估[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(2): 26-36. [Zhang Zhongxiang, Cao Huan. Quantitative assessment of the effects of the air pollution control policy in the '2+26' cities[J]. China Population, Resources and Environment, 2022, 32(2): 26-36.]

[2] Zheng S, Wang J, Sun C, et al. Air pollution lowers Chinese urbanites' expressed happiness on social media[J]. Nature Human Behaviour, 2019, 3(3): 237-243.

[3] Plaia A, Ruggieri M. Air quality indices: A review[J]. Reviews in Environmental Science and Biotechnology, 2011, 10(2): 165-179.

[4] Shaddick G, Thomas M L, Mudu P, et al. Half the world's population are exposed to increasing air pollution[J]. npj Climate and Atmospheric Science, 2020, 23(3): s41612-020-0124-2.

[5] 赵海莉, 原悦, 李晓芹, 等. 兰州市西固区大气污染对呼吸系统的健康效应[J]. 生态学报, 2022, 42(11): 4603-4616. [Zhao Haili, Yuan Yue, Li Xiaoqin, et al. Health effects of air pollution on respiratory system in Xigu District of Lanzhou City[J]. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(11): 4603-4616.]

[6] Dehbi H M, Blangiardo M, Gulliver J, et al. Air pollution and cardiovascular mortality with over 25 years follow-up: A combined analysis of two British cohorts[J]. Environment International, 2017, 99: 275-281.

[7] Zhu Y, Xie J, Huang F, et al. The mediating effect of air quality on the association between human mobility and COVID-19 infection in China[J]. Environmental Research, 2020, 189: 109911.

[8] Zhu Y, Xie J, Huang F, et al. Association between short-term exposure to air pollution and COVID-19 infection: Evidence from China[J]. Science of The Total Environment, 2020, 727: 138704.

[9] Wang H, Ma J, He Q. Mass concentration and composition of TSP in Kashgar, Xinjiang, China[J]. Arabian Journal of Geosciences, 2015, 8(9): 6723-6730.

[10] 买买提阿布都拉·依米尔, 阿依夏木古丽·买买提, 沙依然·外力, 等. 和田地区沙尘暴时间分布及变化特征[J]. 干旱区研究, 2021, 38(5): 1306-1317. [Mamatabdulla Emer, Ayxamgul Mamat, Sayran Wayli, et al. Temporal distribution and variation characteristics of sandstorms in Hotan Prefecture[J]. Arid Zone Research, 2021, 38(5): 1306-1317.]

[11] 张向敏, 罗燊, 李星明, 等. 中国空气质量时空变化特征[J]. 地理科学, 2020, 40(2): 190-199. [Zhang Xiangmin, Luo Shen, Li Xingming, et al. Spatio-temporal variation features of air quality in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2020, 40(2): 190-199.]

[12] 庞瑞秋, 胡宁, 魏冶. 基于多源数据的新疆人居环境质量评价[J]. 地理科学, 2021, 41(12): 2127-2137. [Pang Ruiqiu, Hu Ning, Wei Ye. Evaluation of quality for human settlement in Xinjiang based on multi-source data[J]. Scientia Geographica Sinica, 2021, 41(12): 2127-2137.]

[13] 尹晓梅, 李梓铭, 熊亚军, 等. 2014—2017北京市气象条件和人为排放变化对空气质量改善的贡献评估[J]. 环境科学, 2019, 40(3): 1011-1023. [Yin Xiaomei, Li Ziming, Xiong Yajun, et al. Contribution assessment of meteorology conditions and emission change for air quality improvement in Beijing during 2014-2017[J]. Environmental Science, 2019, 40(3): 1011-1023.]

[14] 孟祥瑞, 张凯山. 成都市道路移动源减排对空气质量的短期影响[J]. 环境科学学报, 2021, 41(4): 1250-1258. [Meng Xiangrui, Zhang Kaishan. The short-term effect of on-road vehicle emissions reduction on air quality in Chengdu[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2021, 41(4): 1250-1258.]

[15] 武文琪, 张凯山. 区域气象条件和减排对空气质量改善的贡献评估[J]. 环境科学, 2021, 42(2): 523-533. [Wu Wenqi, Zhang Kaishan. Contributions of emissions reduction and regional meteorological conditions to air quality improvement[J]. Environmental Science, 2021, 42(2): 523-533.]

[16] 买买提阿布都拉·依米尔, 布帕提曼·艾拜都拉, 陈天宇, 等. 新疆和田绿洲空气质量状况与气象条件的关系[J]. 干旱区研究, 2020, 37(1): 46-57. [Maimaitiabudoula Yimier, Bupatiman Aibaidoula, Chen Tianyu, et al. Relationship between air quality status and meteorological conditions in Hotan Oasis, Xinjiang, China[J]. Arid Zone Research, 2020, 37(1): 46-57.]

[17] 苏吾比努尔·热克甫, 玉散·吐拉甫, 迪丽努尔·塔力甫, 等. 和田市城区 $PM_{2.5}$ 化学组成特征及来源分析[J]. 环境科学研究, 2018, 31(5): 823-833. [Suwubinuer Rekefu, Yusan Turap, Dilnur Talip, et al. Chemical characterization and source apportionment of $PM_{2.5}$ in urban area of Hotan City, China[J]. Research of Environmental Sciences, 2018, 31(5): 823-833.]

[18] 鲍昱璇, 谢海燕, 张一龙, 等. 和田市夏季 $PM_{2.5}$、PM_{10} 元素污染特征及健康风险评价[J]. 环境科学与技术, 2022, 45(1): 154-162. [Bao Yuxuan, Xie Haiyan, Zhang Yilong, et al. $PM_{2.5}$ and PM_{10} pollution characteristics during summer in Hotan City and relevant health risk assessment[J]. Environmental Science & Technology, 2022, 45(1): 154-162.]

[19] 艾沙江·艾力, 梁菲菲, 徐海量, 等. 和田绿洲沙尘暴物质输送路径及其对大气环境质量的影响[J]. 环境科学学报, 2020, 40(8): 2882- 2891. [Aishajiang Aili, Liang Feifei, Xu Hailiang, et al. Transport pathway of dust storm and its impact on air quality in Hetian Oasis[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2020, 40(8): 2882-2891.]

[20] 孟露, 赵天良, 何清, 等. 近30 a塔里木盆地浮尘天气及持续浮尘滞空的气候特征[J]. 气象学报, 2022, 80(2): 322-333. [Meng Lu, Zhao Tianliang, He Qing, et al. 2022. Climatic characteristics of floating dust and persistent floating dust over the Tarim basin in the recent 30 years[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2022, 80(2): 322-333.]

[21] 环境保护部. 环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行) (HJ 633-2012) [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2016. [Ministry of Environmental Protection. Ambient Air Quality Index (AQI) Technical Provisions (Trial Implementation) (HJ 633-2012) [S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2016.]

[22] 吴梅, 汤万龙, 何亚平. 南疆典型城市环境质量与风向特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2018, 12(1): 37-43. [Wu Mei, Tang Wanlong, He Yaping. Analysis of environmental quality and wind direction characteristics of the typical cities in southern Xinjiang[J]. Desert and Oasis Meteorology, 2018, 12(1): 37-43.]

[23] 孙鸣婧, 李霞, 赵克明, 等. 基于探空数据的新疆大气扩散条件时空分布特征分析[J]. 干旱区地理, 2022, 45(1): 113-121. [Sun Mingjing, Li Xia, Zhao Keming, et al. Spatial and temporal characteristics of atmospheric diffusion conditions in Xinjiang based on radiosonde data[J]. Arid Land Geography, 2022, 45(1): 113-121.]

[24] 贾瑞, 刘玉芝, 吴楚樵, 等. 2007—2017年中国沙尘气溶胶的三维分布特征及输送过程[J]. 中国沙漠, 2019, 39(6): 108-117. [Jia Rui, Liu Yuzhi, Wu Chuqiao, et al. Three-dimensional distribution and transport process of dust aerosols over China from 2007 to 2017[J]. Journal of Desert Research, 2019, 39(6): 108-117.]

[25] 张小啸, 陈曦, 王自发, 等. 新疆和田绿洲大气降尘和 PM_{10} 浓度变化特征分析[J]. 干旱区地理, 2015, 38(3): 454-462. [Zhang Xiaoxiao, Chen Xi, Wang Zifa, et al. Variation characteristics of at-

mospheric dustfall and PM_{10} concentration in Hotan Oasis, Xinjiang[J]. Arid Land Geography, 2015, 38(3): 454−462.]

[26] 徐兰, 李少宁, 鲁绍伟, 等. 森林吸滞大气气态污染物研究进展[J]. 世界林业研究, 2018, 31(6): 25−30. [Xu Lan, Li Shaoning, Lu Shaowei. Research advances in forest absorption of gaseous air pollutants[J]. World Forestry Research, 2018, 31(6): 25−30.]

[27] 任春艳, 吴殿廷, 董锁成, 等. 西北地区城市化与空气质量变化关系研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, 41(2): 204−208. [Ren Chunyan, Wu Dianting, Dong Suocheng, et al. A study on the relationship between urbanization and air qualities in the Northwest region of China[J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2005, 41(2): 204−208.]

[28] 卡吾恰提·白山, 王雪梅, 黄晓宇. 和田市生态环境质量时空演变分析[J]. 西南农业学报, 2022, 35(2): 453−462. [Kawuqiati Baishan, Wang Xuemei, Huang Xiaoyu. Analysis of temporal and spatial evolution of ecological environment quality in Hotan City[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2022, 35(2): 453−462.]

[29] Gu H, Cao Y, Elahi E, et al. Human health damages related to air pollution in China[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2019, 26(13): 13115−13125.

[30] Liu W, Xu Z, Yang T. Health effects of air pollution in China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15(7): 1471.

Air quality characteristics and its potential health effects in Hotan City

WANG Na[1,2], Tayierjiang AISHAN[1,2], Yumiti HALIKE[1,2], WANG Huijuan[1,2], Maierhaba WUMAIER[1,2]

(1. College of Ecology and Environment, Xinjiang University, Urumqi 830046, Xinjiang, China;
2. Ministry of Education Key Laboratory of Oasis Ecology, Urumqi 830046, Xinjiang, China)

Abstract: The status of air pollution in China has been recognized as a serious health concern in numerous academic circles. Air quality is an important factor for defining air pollution, and main pollutants used to evaluate its quality, include $PM_{2.5}$, PM_{10}, SO_2, NO_2, CO, and O_3. Hotan is one of the oasis cities with severe air pollution crisis. The located in the southwest edge of Taklimakan Desert in the southernmost part of the Northwest Xinjiang province in China. The soil structure in this area is loose, dust storms are frequent, and particles carried by dust storms are heavily deposited, which result in an increase in the concentration of pollutants. Therefore, the air Pollution caused by these particles results in severe challenges. Different types of air pollutants have varied hazards to human health, for example, $PM_{2.5}$ and PM_{10}, which are the main air pollutants in Hotan City, cause serious human respiratory tract infections, and their sources are extensive, hazardious, and difficult to eliminate. The rapid economic development in recent years and the accelerated urbanization have aggravated the deterioration of air quality in Hotan City, posing a great threat to the physical and mental health of local residents. Therefore, understanding the characteristics of air quality and its potential health effects in Hotan City is crucial for controlling urban air pollution and improving local ecological environment. This study used the historical air quality data in Hotan from 2016 to 2021 to analyze the distribution characteristics of pollutants, to determine the relationship between air quality and potential human health effects, and to evaluate the correlation between pollution levels and air pollutants, such as $PM_{2.5}$, PM_{10}, SO_2, NO_2, CO, O_3−8H, and AQI. The results showed that between 2016 and 2021, the concentration of O_3−8H in two air pollution monitoring points in Hotan had an inverted U-shaped trend, while the concentration of other pollutants showed a U-shaped curve distribution. $PM_{2.5}$ and PM_{10} were detected as the main pollutants throughout the year, and their concentrations were relatively high in spring. In addition, concentrations of SO_2 and NO_2 were high in autumn and winter, while those of CO and O_3−8H were high in winter and summer, respectively. During the study period, the concentration of $PM_{2.5}$ and SO_2 decreased, while that of PM_{10} increased, but the overall air quality did not show significant improvement. The AQI value of air quality index in Hotan City was higher than the national second class level, and its value during the “unhealthy” air quality period was much higher than that during the “healthy” air quality, which suggested a high harmful potential to the physical and mental health of residents.

Keywords: $PM_{2.5}$ fine particle pollutants; air quality index; health effect; Hotan City